

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.03.027

# 某大型污泥填埋场不揭膜取泥技术研究

叶源新<sup>1</sup>, 杜 炯<sup>2</sup>, 刘若元<sup>3</sup>

[1.上海城投水务(集团)有限公司,上海市 200021; 2.上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092;  
3.中交上海航道局有限公司,上海市 200001]

**摘 要:**污水厂污泥未实行规范填埋期间,大量的污水厂污泥倾倒在简易填埋场,随着时间推移,填埋场的稳定性和环境污染倍受关注,如何安全稳定异位处置填埋场污泥这已经成为新的环境问题。针对这种问题,采用清淤机器人膜下清淤的技术对污泥库中的污泥进行取泥中试试验,探讨清淤机器人膜下清淤的技术对填埋场污泥进行处理的可行性。研究结果表明:清淤机器人膜下清淤技术适用于填埋场污泥取泥工艺;填埋场污泥库区过大可采取分区域取泥;可采用中间缓冲池过渡提高出泥的稳定性;膜下取泥需进行多重除杂工艺便于输送及后续处置。清淤机器人膜下清淤的技术是填埋场污泥异位处置的有效途径之一,对于深层污泥的取泥技术要求还需进一步研究。

**关键词:**污泥;填埋场;取泥

中图分类号: TU992.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)03-0104-04

## 0 引言

随着污水量的增加和收集率及处理率的提高,污泥的产生量在逐年增加<sup>[1,2]</sup>。2010年前后,大量污水厂污泥未经严格处理直接在填埋场中进行倾倒,形成具有一定隐患风险的污泥库,如无锡梅园、深圳下坪、苏州七子山及南昌麦园等填埋场<sup>[3,4]</sup>。这些未经预处理而直接倾倒在填埋场的污泥会被后续堆载的垃圾引起污泥受挤压,污泥变形过大以及强度不足将会导致填埋工程事故<sup>[5,6]</sup>。因此,对简易填埋的污泥库的处置需要重点关注,尽快安全处置,防患于未然,这是当前面临的关键难题。对于污泥库中的污泥后续采用焚烧、土地利用、建材化等处置方式,受到如何将污泥稳定取出的限制,取泥过程中需要考虑取泥作业安全、臭气散发二次污染等问题<sup>[7,8]</sup>。因此,采用膜下清淤的方法,改善污泥的物理力学性质,是一种比较合理的方法。

目前,膜下清淤方法主要是指利用清淤机器人对填埋场陈腐污泥进行膜下清淤。在填埋场不开膜的工况下将污泥从试验库区抽取出库,经除杂池除杂后通过接力泵输送至污泥调理池,进行后续污泥处置,保证污泥臭气无大面积散逸。

收稿日期: 2021-05-19

基金项目: 上海城投(集团)有限公司科技创新计划项目(CTKY-ZDXM-2019-003-001,20QB1404800)

作者简介: 叶源新(1978—),男,博士,高级工程师,从事水利水务工程建设和管理工作。

针对污泥自身的特点,本文对上海某填埋场污泥库中污泥进行了现场中试试验,采用膜下清淤机器人技术对试验坑污泥进行取泥处理,在现有可行基础上进行连续生产试验,提出膜下清淤的改进方案,为后续项目落地施工组织设计提供指导依据。

## 1 试验方案

### 1.1 试验场地情况

将填埋区污泥坑进行分类编号:1#~12#,其中1#、2#、3#、5#、6#、7#、8#为覆膜区,9#、10#、11#、12#为覆土区,4#和2#半格为未填区,编号示意图如图1所示,该试验在3#坑进行。

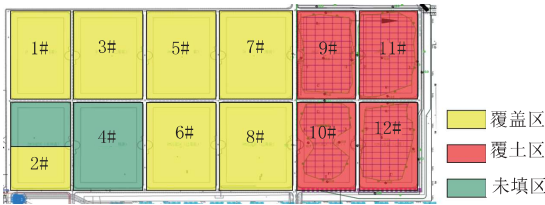


图1 填埋场污泥坑编号图

因填埋场填埋污泥存在明显的泥水分界面,采用瞬变电磁法进行勘探,3#坑水-泥界面、池底界面反演结果如图2所示。

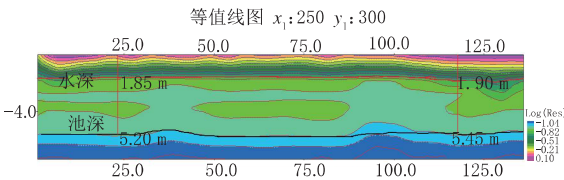


图2 3#填埋坑反演成果图

结合测量和实际物探结果,3#坑水层深度在1.9 m,污泥层深度在5.4 m。

## 1.2 试验设备和材料

### 1.2.1 道路及场地处理

进入现场试验库区的道路主要有南北两条,均为沥青混凝土道路,宽3.5 m,满足机械车辆单向通行。

现场主要设备布置包括发电机、除杂系统、集控室、试验室、休息室及4台绞车布置在圆形卸料平台或南北道路上,基础均为沥青混凝土,均化设备、压榨设备布置于北进场道路北侧场地上,北进场道路北侧场地为未填污泥区,土质松软,机械车辆进出场以及设备布置均存在安全隐患,因此在对一些区域进行场地平整以及钢板铺设。

此外,考虑到汛期降雨道路易积水,在积水严重区域设置集水井,在北进场道路设备摆放区域北侧设置排水沟,防止泥土塌陷。

### 1.2.2 临时用电

现场临时用电主要分为两部分,一部分为集控室、试验室以及休息室基本办公、试验用电,用电设备总功率约46.15 kW,电源进线引自于200 m处-10~-0.4 kV变电站,采用三级配电,二级防护;另一部分为清淤装置、除杂格栅、接力泵、搅拌机以及板框等设备的生产用电,用电设备总功率约361.2 kW,电源进线引自额定功率400 kW的发电机,采用三级配电,二级防护。

### 1.2.3 生产及生活临时用水

该项目主要包括清淤高压冲水用水、场地或设备清洗用水等,现场可使用污水处理厂中水(中水流量约4 m<sup>3</sup>/h)和膜上积水。

## 1.3 试验方法

(1)基础设置:根据现场踏勘情况及结合该工程特点,绞车及滑轮组基础采用可移动式预制件形式进行建设。

(2)覆膜开口:在开膜前,需对膜下气体进行取样检测分析,分析内容主要包括气体的爆炸极限以及气体成分。检测结果显示,膜下气体未达到爆炸极限,同时有毒有害气体浓度未达到《恶臭(异味)污染物排放标准》(DB 31/1025—2016)。

如图3所示,在覆膜开口完成后,将小口全部封住,针对大口制作可掀盖的HDPE膜进行封盖。

(3)膜下穿绳:清淤装置在放入污泥坑之前,需将4台绞车的钢丝绳在膜下穿过并与装置连接。项目中采用自主设计的专用牵引设备将缆绳



图3 膜下取泥开口处图

穿过覆膜。

(4)装置入库:入库点的选择需考虑吊装机械的作业平台,以及装置入库后可全部置于覆膜以下。项目中选择距离圆形卸料平台堤顶水平距离约4 m处作为入库点,并根据装置重量选择合适的吊装机械进行吊装入库,入库过程中对清淤装置的压仓水进行调整,保证清淤装置能够依靠自重下沉至泥层。

(5)污泥抽取:如图4所示,整套不开膜清淤系统由膜下清淤系统、岸上牵引系统、管缆收发系统、控制系统和检修系统五部分组成。在装置入库并潜入污泥后,可正式开始抽取污泥,通过四角牵引系统调整清淤系统的位置,抽取的污泥直接打入污泥除杂区,经过除杂后进入储泥单元,待后续污泥脱水试验使用。

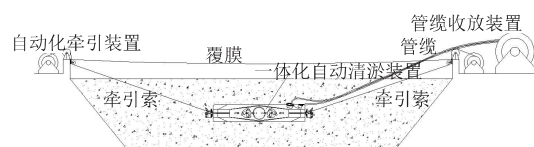


图4 不开膜清淤施工断面图

(6)污泥除杂:经现场试验发现,试验库区污泥中垃圾较多,主要为塑料、橡胶类垃圾,因而污泥抽取后的除杂工作变得格外重要。项目中选用耙齿式机械格栅机进行垃圾过滤,该格栅机过滤孔径为5 mm。

## 3 试验结果与分析

### 3.1 清淤装置生产数据统计分析

为评估清淤装置在该项目中的生产效率,对整个项目试验过程中污泥抽取的生产数据进行统计分析。生产数据主要包括污泥抽取时间、污泥浓度、管道流量,其中污泥浓度数据通过快速水分分析仪检测得到,管道流量数据通过电磁流量计监测得到。

该项目中选用的清淤装置设计清水流量为350 m<sup>3</sup>/h,实际生产过程中为了匹配后端接力泵(150 m<sup>3</sup>/h)从储泥池输送泥浆至调理池的效率,按60%负荷运行。此外,库区污泥中垃圾含量比想象的多,连续生产情

况下垃圾会缠绕堵塞泥泵吸口,对生产时的污泥浓度和流量有一定影响。因此,在污泥抽取、调理、脱水干化的试验生产过程中,为保证污泥的高质量持续供应,现场临时配备起重吊车配合堵泵时清理垃圾,泵口垃圾清理后污泥浓度和流量会有明显改善,所以在后续项目正式实施时,应该考虑采取垃圾前端堵泵清理措施。

根据生产记录数据绘制试验过程中污泥出库量的累计生产情况如图5所示。试验过程中,累计生产时间约17.23 h,累计抽取膜下污泥约2 535 m<sup>3</sup>,抽取出的污泥浓度主要为2%~13%,根据各时间段抽取的污泥方量和含水率计算累计绝干量为127 t,计算清淤装置生产效率约为147 m<sup>3</sup>/h。

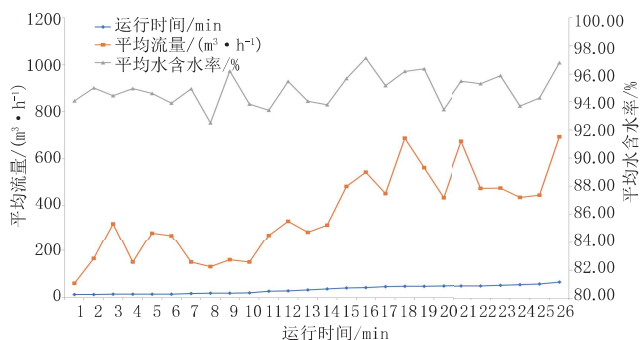


图5 试验过程中污泥出库量统计

### 3.2 连续8 h 污泥抽取试验分析

为分析该清淤装置连续运行时的生产效率以及出泥浓度,进行了连续8 h 污泥抽取试验。现场利用清淤装置自循环抽泥,抽泥出库再排入库区,利用电磁流量计监测排泥流量,保持最大负荷清淤装置抽泥,共试验两批次,每批次连续抽泥8 h。

第1次8 h 连续抽泥试验(吊车配合):第1次8 h 连续抽泥试验过程中,清淤装置由绞车和吊车配合,抽泥浓度或流量不理想时先通过绞车调整位置,若污泥浓度或流量仍然不理想则通过吊车提起装置清理吸口垃圾,继续试验。连续8 h 抽泥试验污泥流量及浓度变化如图6所示。

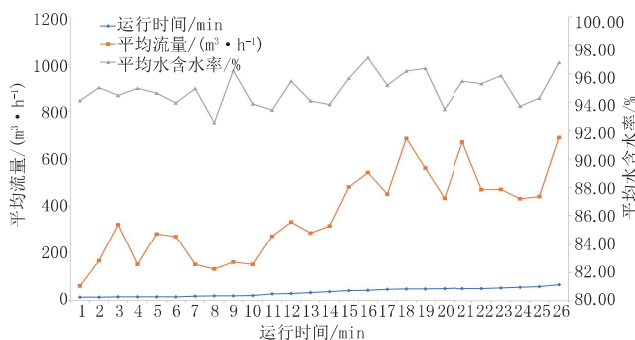


图6 连续8 h 抽泥试验污泥流量及浓度变化(第1次)

通过第1次8 h 连续抽泥试验可以看出,清淤装置在入库运行前清理吸口所有垃圾,起初抽泥流量较大,污泥浓度不高;随着抽取的污泥浓度升高,流量有所降低,继续运行一段时间流量会降低到一定程度,同时浓度也会降低,现场分析是因为垃圾堵住吸口浓度高的污泥难吸入,吊出清淤装置清理垃圾后又恢复浓度。此外,可以看出每次通过绞车拖动清淤装置到新位置,污泥浓度都会显著提升,待一段时间后浓度又会降低,这是装置附近污泥被抽取出来的直接现象,可见清淤装置抽泥效果显著。

第2次8 h 连续抽泥试验(无吊车配合):第2次8 h 连续抽泥试验过程中,清淤装置仅用绞车配合,抽泥浓度或流量不理想时,通过绞车调整。连续8 h 抽泥试验污泥流量及浓度变化曲线如图7所示。

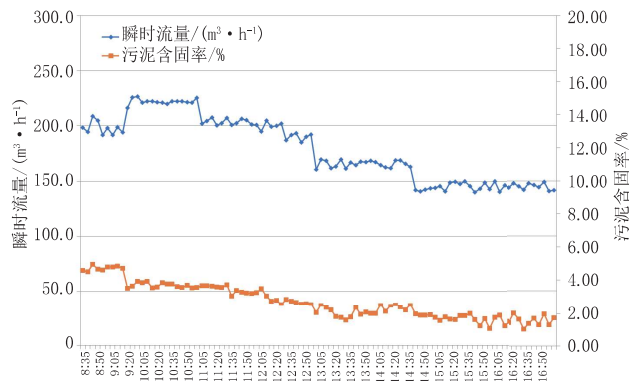


图7 连续8 h 抽泥试验污泥流量及浓度变化(第2次)

第2次8 h 连续抽泥试验中,清淤装置入库运行前吸口无垃圾,起初抽泥流量大,污泥浓度较高;随着持续抽泥,污泥浓度和污泥流量整体呈下降趋势;最终浓度和流量稳定在1.72%和140 m<sup>3</sup>/h左右。通过绞车拖动清淤装置到新位置,污泥浓度都会有所提升,但随着垃圾逐渐堵塞泵口,浓度和流量最终还是会受到影响。

### 3.3 连续24 h 污泥抽取试验分析

模拟连续24 h 污泥抽取试验,14 点开始连续抽泥,分三段进行:

- (1)14:00—20:00,有吊车、绞车配合取泥,每5 min 记录1次数据;
- (2)20:00—次日6:00,只用绞车配合取泥,每15 min 记录1次数据;
- (3)次日6:00—次日12:00,有吊车、绞车配合取泥,每5 min 记录1次数据。

连续24 h 污泥抽取试验浓度变化曲线如图8所示。



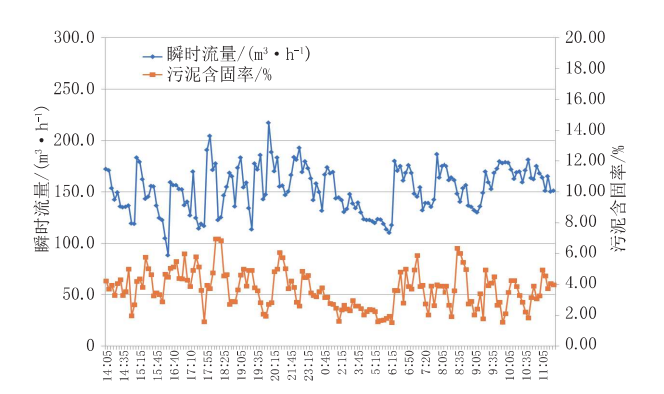


图8 连续24 h污泥抽取试验浓度变化曲线

4 结 论

(1)悬索取泥装置能够在不开膜的情况下完成取泥工作,并且取泥器具在膜下能正常移动和定位。清淤取泥装置在24 h连续取泥过程中最高流量为217.23 m³/h,最低流量为88.74 m³/h,平均流量153.1 m³/h。

(2)膜下垃圾众多,大量垃圾堵泵严重,对生产效率影响较大;膜下清淤污泥浓度变化较大,变化范围大致为90%~99%,对后续脱水干化施工影响较大。

(3)针对库区过大,导致膜下清淤设备移动轨迹难以达到预期,在工程的实际实施过程中可采用有效划分施工库区的解决方案,一个大的库区分为几个小的区域,分批次施工。

(4)针对膜下工况复杂,垃圾含量较高情况,后续工程实施配置更大产能及更大通过粒径的膜下清淤装置,减少垃圾淤堵风险,同时污泥出库后需采用组合除杂工艺进行多重除杂,特别是针对其中的絮状不易清除的垃圾,需专门对工艺进行改进。

(5)针对流量和浓度稳定性较差的不足,后期工程实施可采用中间缓冲池的形式进行缓冲过渡,利于污泥泵送浓度控制。

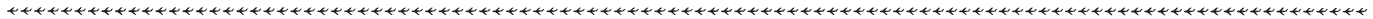
参考文献:

[1] 王晓霞,王淑堂,彭永臻,等. EBPR 的快速启动及其与同步硝化反硝化耦合实现污水的脱氮除磷[J].东南大学学报(自然科学版), 2014,44(6):1278-1284.

[2] 陈中颖,许振成,刘永,等. 基于常规运行数据的污水处理厂污泥量核算方法[J].中国给水排水,2008,24(24): 83-86.

[3] 冯源,罗小勇,林伟岸,等.处置库污泥工程特性测试研究[J].岩土力学,2013,34(1): 115-122.

[4] 李磊,王佩,徐菲,等. 污泥弃置场产气过程研究[J].河海大学学报(自然科学版)2016,44(10): 65-71.



《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: [cdq@smedi.com](mailto:cdq@smedi.com)